

CT 750043

LE REDRESSEMENT DE LA FERTILITÉ SUR DES TERRES A VOCATION COTONNIÈRE PRÉSENTANT DES CARENCES EN ÉLÉMENTS MAJEURS

par

M. DÉAT *

RÉSUMÉ

Des carences minérales en éléments majeurs ont été provoquées sur des essais menés suivant la méthode soustractive. La correction de ces carences a été entreprise sur trois essais choisis dans chacune des zones divisant l'aire cotonnière ivoirienne.

Avec une fumure raisonnable apportant 55 kg/ha d'azote, 50 kg/ha d'anhydride phosphorique et 60 kg/ha de potasse, la correction a toujours été possible. Elle est plus ou moins longue à obtenir suivant l'élément considéré, immédiate pour l'azote, demandant deux à trois ans pour le phosphore et le potassium. L'absence de fumure ne s'est pas révélé plus difficile à corriger puisque deux années ont suffi. Ces résultats sont intéressants car la nature physique des sols ainsi que leur peu de matière organique en savane ne permettent pas d'apporter une fumure massive qui serait en grande partie perdue pour la culture.

I. INTRODUCTION

Lorsque la culture cotonnière de type « Allen » (*Gossypium hirsutum*) se développa en Côte d'Ivoire, un réseau d'essais conduits suivant la méthode soustractive fut mis en place pour étudier les déficiences minérales susceptibles d'exister ou de se développer dans les régions à vocation cotonnière. Ces essais permirent la comparaison d'un témoin ne recevant pas d'engrais avec un objet à fumure complète NPSK à un niveau relativement élevé et quatre objets où la fumure est privée successivement d'un des quatre éléments de la fumure complète.

Ces essais furent implantés dans toute la zone cotonnière ivoirienne qui peut être scindée en trois régions suivant leurs caractéristiques climatiques et édaphiques :

— Savane Nord à climat tropical subsoudanien (ROUGERIE, 1960) qui est le climat soudano-guinéen classique (AUBREVILLE, 1949) à une saison des pluies ;

— Savane Centre à climat intermédiaire subéquatorial baouléen (ROUGERIE, 1960) à deux saisons des pluies ;

— Défrichements de forêts sous climat équatorial attien (ROUGERIE, 1960) à deux saisons des pluies qui correspond au climat guinéen forestier (AUBREVILLE, 1949).

Cette division climatique de l'aire cotonnière correspond à trois niveaux de valeur des terres, comme le montrent les analyses effectuées sur les différents points d'essais (tableau 1) au départ de l'expérimentation.

Tableau 1. — Caractéristiques édaphiques moyennes des essais des trois régions de la zone cotonnière. (D'après LATHAM, 1969.)

	Savane Nord 0-50 cm	Savane Centre 0-50 cm	Forêt 0-50 cm
C organique ‰	6,47	10,81	19,42
N organique ‰	0,42	0,65	1,63
C/N	15,20	16,43	11,62
P total ‰	0,53	0,55	0,52
P ass. (Olsen) ‰	0,05	0,05	0,05
CEC méq/100 g	3,99	6,86	10,64
S méq/100 g	2,60	5,22	10,30
K total méq/100 g ...	1,12	1,50	1,62
K ech. méq/100 g	0,08	0,23	1,07

Les terres de la savane Nord sont médiocres, celles de la savane Centre moyennes et celles des défrichements forestiers bonnes.

* Agronome à l'I.R.C.T., Bouaké, Côte d'Ivoire.

L'évolution de la fertilité de ces différents sols sous culture cotonnière continue a été bien suivie avec le dispositif expérimental mis en place (BOUCHY, 1968 et 1970). Nous envisagerons successivement ici le problème du redressement de la fertilité azotée, phosphorée et potassique. Pour cela, trois points d'essais situés dans chacune des zones définies précédemment ont été retenus :

— Niakaramandougou, dans le nord, dans une savane arborée et arbustive à *Panicum phragmitoides* (GUILLAUMET et ADJANOHOON, 1969), situé sur un haut

de pente sur granite, de qualités physiques moyennes, sableux dans l'horizon de surface ;

— Katiola, dans le centre, dans une savane arborée et arbustive à *Panicum phragmitoides* (GUILLAUMET et ADJANOHOON, 1969), situé sur un replat sous butte cuirassée sur schistes ;

— Yamoussoukro, sur un défrichement de forêt, dans une zone forestière soumise à l'agriculture provenant d'une forêt semi-décidue à *Aubrevillea kerstin-gii* et *Khaya grandiflora* (GUILLAUMET et ADJANOHOON, 1969), argileux gravillonnaire situé sur granite.

II. — ÉVOLUTION DE LA FERTILITÉ EN CULTURE CONTINUE AVANT REDRESSEMENT

1. Caractéristiques des essais

Les caractéristiques initiales des trois points étudiés sont réunies dans le tableau 2.

Tableau 2. — Caractéristiques édaphiques des essais de Niakaramandougou, Katiola et Yamoussoukro. (LATHAM, 1969.)

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
Classification	Ferrallitique		Ferrallitique		Ferrallitique	
Groupe	Typique		Remanié		Remanié	
Sous-groupe	Remanié		Modal		Modal	
Famille	Granite		Schiste		Granite	
Série	Peu profond, appauvri, faiblement rajeuni		Moyennement profond avec induration en profondeur		Moyennement profond et gravillonnaire	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Refus %	18,2	25,0	0,01	5,1	24,2	40,4
Argile %	10,4	14,2	10,1	14,2	16,8	19,5
Limon fin %	5,1	5,3	6,4	5,9	8,5	5,6
Limon grossier %	4,4	4,8	14,0	9,8	4,0	3,5
Sable fin %	20,3	17,5	40,6	36,6	18,5	18,0
Sable grossier %	59,6	59,2	29,2	34,6	49,0	52,0
C % ₀₀	9,50	6,12	7,76	5,48	33,07	10,80
N % ₀₀	0,55	0,41	0,46	0,39	2,73	0,99
pH (eau)	6,6	6,1	6,5	5,9	5,9	5,7
Cations échangeables en méq/100 g						
Ca	2,50	1,22	2,25	1,24	7,02	2,14
Mg	1,48	0,92	1,50	0,98	3,75	1,73
K	0,15	0,12	0,12	0,08	0,63	0,29
Na	0,03	0,07	0,01	0,02	0,21	0,10
C.E.C.	5,27	4,53	4,77	4,59	15,53	6,05
P ₂ O ₅ total % ₀₀	0,36	0,24	0,32	0,35	0,42	0,45
P ₂ O ₅ ass. Olsen % ₀₀	0,06	0,10	0,02	traces	0,05	0,04
Ca total en méq/100 g	4,40	2,50	3,03	2,82	8,10	2,60
Mg total en méq/100 g	0,80	1,90	3,64	3,04	3,50	2,24
K total en méq/100 g	1,10	1,40	1,40	1,89	1,59	0,90
Instabilité structurale	0,24	1,17	0,56	1,29	0,12	0,94
S. bases éch. en méq/100 g	4,56	2,33	3,88	2,22	11,51	4,26
Taux de saturation %	36,5	50,8	81,3	48,3	91,8	70,4
C/N	17,8	15,07	16,80	13,93	12,11	10,87

En outre, des analyses minéralogiques ont été faites, permettant une caractérisation des argiles des trois essais (tableau 3).

La culture cotonnière a été pratiquée de façon pérenne avec un apport d'engrais dont la formule complète est donnée au tableau 4. Les doses d'éléments apportés de cette manière étaient nettement supérieures à celles fournies par la fumure vulgarisée à l'époque, fumure qui, en outre, faisait abstraction de la potasse.

La forte fumure des essais avait pour but de créer rapidement des déséquilibres importants permettant de mettre en évidence les carences, l'exportation des résidus de récolte accélérant par ailleurs ce processus.

2. Evolution de la fertilité azotée

Au départ les teneurs en azote des trois essais étaient faibles, sauf dans l'horizon de surface à Yamoussoukro (tableau 2). Le rapport C/N était

élevé en savane, surtout en profondeur, signe d'une matière organique peu évoluée et d'une minéralisation faible. En contre-partie, il était bon à Yamoussoukro, ce qui est à mettre en relation avec la bonne teneur en azote en surface.

Au fil des années de culture, les rendements obtenus sur les parcelles ne recevant pas d'azote ont varié avec une tendance à la baisse (tableau 5). A Yamoussoukro, la baisse de rendement ne s'est manifestée qu'à partir de la quatrième année lorsque les réserves préexistantes ont commencé à diminuer. Sur les deux essais de savane, les rendements ont toujours été significativement inférieurs à ceux obtenus sur les parcelles recevant une fumure complète.

On peut noter cependant qu'à la suite de la mise en culture, la déficience s'est estompée légèrement en savane pendant un an ou deux. Cela provient sans doute d'une minéralisation de la matière organique liée à une activité biologique du sol stimulée par la mise en culture.

Tableau 3. — Analyses des argiles des points d'essai. (PINTA, 1973.)

Niakaramandougou	Katiola	Yamoussoukro
Kaolinite importante Un peu d'illite Traces de vermiculite Traces de goethite Un peu de gibbsite	Fire-clay Illite Traces de goethite	Kaolinite importante Traces d'illite Traces d'hématite Traces de goethite Traces de gibbsite

Tableau 4. — Fumures utilisées lors de la mise en évidence des carences.

		Fumure complète des essais				Fumure vulgarisée			
		N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O
Première année	Semis	21	24	60	108	34	24	32	—
	Floraison	45	—	—	—	—	—	—	—
Années suivantes	Semis	21	24	—	108	34	24	32	—
	Floraison	45	—	67	—	—	—	—	—

Tableau 5. — Rendements des parcelles — N en % NPSK.

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou	53 **	58 **	51 **	63 **	62 **
Katiola	59 **	73 **	73 **	53 **	—
Yamoussoukro	105	105	100	84 **	—

** significatif à p = 0,01

Tableau 6. — Teneur des limbes en azote, en % du poids de matière sèche.

		1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou	NPSK	4,54	—	4,04	3,70	3,96
	— N	3,00	—	3,06	2,50	2,34
Katiola	NPSK	—	4,43	4,22	4,41	
	— N	—	3,49	3,53	2,75	
Yamoussoukro	NPSK	—	5,14	4,91	4,06	
	— N	—	4,57	4,34	3,60	

Si l'on analyse la teneur en azote des plantes en se référant à la teneur en azote des limbes, suivant la méthode préconisée par BRAUD (1968), on note une évolution parallèle à celle des rendements. Dans les parcelles sans fumure azotée, les teneurs en azote baissent avec l'augmentation du nombre d'années de culture (tableau 6).

A partir des résultats des analyses foliaires il est intéressant d'étudier la nutrition minérale des cotonniers en utilisant la méthode proposée par BRAUD (1972) et adaptée aux conditions ivoiriennes (DÉAT et BRAUD, 1974).

Il est en effet possible de définir des fonctions de production qui permettent d'évaluer le rendement des parcelles carencées en pour cent des rendements des parcelles à fumure complète. Dans le cas de l'azote et pour la Côte d'Ivoire, la fonction de production s'écrit :

$$\text{Rendement}(-N) = -5,00 + 3,75 p + 11,31 N - \frac{2,98}{P}$$

où p est le poids d'un échantillon de 30 feuilles et

N et P les teneurs en azote et en phosphore.

Cette fonction a été déterminée par l'étude systématique de tous les essais soustractifs mis en place en Côte d'Ivoire et permet d'expliquer 76,7 % de la variance des rendements des objets (—N) de ces essais.

La moyenne des plus petites différences significatives observées dans les essais est de 9,45 %. On aura donc une réponse positive à un élément minéral si le rendement de la parcelle carencée en cet élément est inférieur à 90,55 % de celui de la formule complète. A cette limite correspond la notion de niveau critique de l'élément considéré dans la plante. Ce niveau critique peut donc être calculé à l'aide de la fonction de production en prenant pour valeur du rendement 90,55 %. Dans le cas de l'azote, le niveau critique Nc est donc :

$$N_c = \frac{95,55 - 3,75 p - \frac{2,98}{P}}{11,81}$$

Tableau 7. — Evolution des rendements des parcelles —N, en % NPSK, et de l'indice de nutrition azotée In.

	Niakaramandougou			Katiola			Yamoussoukro		
	A	B	In	A	B	In	A	B	In
1 ^{re} année	53	—	—	59	63	56,1	105	108	112,9
2 ^e année	58	60	54,7	73	70	66,5	105	101	122,5
3 ^e année	51	38	53,0	73	73	59,2	100	102	114,3
4 ^e année	63	66	38,1	33	60	46,4	84	82	70,0
5 ^e année	62	32	38,5						

A : Rendements observés ; B : Rendements déterminés par la fonction de production

La connaissance de ce niveau critique permet de calculer un indice de la nutrition azotée I_n défini comme suit :

$$I_n = \frac{N_o}{N_c} \times 100$$

où N_o est la teneur en azote observée réellement et N_c le niveau critique calculé. La nutrition est d'autant meilleure que son indice tend vers 100.

Pour les trois essais de cette étude, les fonctions de production et les niveaux critiques concernant l'azote sont réunis dans le tableau 7.

Pour les deux essais de savane, la nutrition azotée est déficiente dès la mise en culture. A Yamoussoukro, par contre, l'alimentation en azote est pléthorique les trois premières années de culture et devient légèrement déficiente la quatrième année.

Les valeurs des fonctions de production et des indices de nutrition confirment et complètent ce que l'on avait observé en analysant les rendements obtenus.

3. Evolution de la fertilité phosphorée

Les trois points d'essais étaient, dès le début de l'expérimentation, très pauvres en phosphore total et assimilable.

A la mise en culture, les rendements obtenus par les parcelles ne recevant pas de phosphore étaient significativement inférieurs aux rendements obtenus avec une fumure complète (tableau 8). Cela correspond bien, d'ailleurs, aux observations de DABIN (1971) qui note une réponse à la fumure phosphatée pour le coton quand les teneurs en P_2O_5 assimilable dosé par la méthode OLSEN modifiée n° 3 avoisinent 0,05 ‰.

Cette baisse s'est accentuée avec l'augmentation du nombre d'années de culture.

Si l'on analyse la teneur en phosphore des cotonniers en utilisant le diagnostic foliaire, on note une baisse des teneurs dans le limbe des feuilles prélevées sur les parcelles ne recevant pas de fumure phosphatée, alors que le taux de phosphore des feuilles prélevées sur les parcelles recevant une fumure complète se maintient ou même s'améliore (tableau 9).

Comme pour la nutrition azotée, il est intéressant de compléter ces résultats analytiques en utilisant la fonction de production propre au phosphore en Côte d'Ivoire (DÉAT et BRAUD, 1974). Cette fonction s'écrit :

$$\text{Rendement } (-P) = 68,65 - \frac{5,52}{P} + 3,22 p + 3,09 F$$

$$-\frac{63,54}{K} + \frac{2,56}{S}$$

Tableau 8. — Rendements des parcelles — P, en % NPSK.

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou	92 *	90 **	85 **	82 **	82 **
Katiola	76 **	62 **	51 **	50 **	
Yamoussoukro	90 **	74 **	71 **	66 **	

* significatif à $p = 0,05$

** significatif à $p = 0,01$

Tableau 9. — Teneur en phosphore des limbes, en % du poids de matière sèche.

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou					
NPSK	0,39	0,30	0,38	0,31	0,44
— P	0,35	0,22	0,28	0,25	0,24
Katiola					
NPSK	0,20	0,34	0,32	0,32	
— P	0,16	0,21	0,16	0,16	
Yamoussoukro					
NPSK	0,18	0,32	0,27	0,26	
— P	0,18	0,18	0,18	0,16	

Tableau 10. — Evolution des rendements réels et calculés des parcelles — P, en % NSPK.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	A	B	A	B	A	B
1 ^{re} année	92	—	76	68	90	96
2 ^e année	90	85	62	68	74	72
3 ^e année	85	74	51	69	71	78
4 ^e année	82	80	50	59	66	58
5 ^e année	82	68				

A : rendements observés.

B : rendements déterminés par la fonction de production.

où p est le poids d'un échantillon de 30 feuilles, F la position florale moyenne de cet échantillon et P , K et S les teneurs en phosphore, potassium et soufre.

Cette fonction est moins précise que la fonction définie pour l'azote et n'explique que 69,3 % de la variance des objets ($-P$) des essais. C'est sans doute pourquoi il est difficile de pousser l'étude jusqu'à l'indice de nutrition phosphorée I_p dont les valeurs sont peu interprétables.

Les valeurs calculées à l'aide de la fonction de production sont en général plus faibles que les rendements observés. Cela montre que la nutrition phosphorée est largement déficiente dès la mise en culture des essais et que cette déficience s'accroît avec le temps.

4. Evolution de la fertilité potassique

Les capacités d'échange des terres des trois essais sont médiocres, sauf à Yamoussoukro dans l'horizon de surface. Il en est de même pour la somme des bases échangeables (tableau 2). Compte tenu de ces

faibles valeurs des capacités d'échange et des sommes des bases, les trois points ont un complexe bien saturé en surface. Les teneurs en potassium sont faibles sur tous les points, sauf à Yamoussoukro pour le potassium échangeable en surface. Ces conditions n'étaient pas défavorables au départ, d'autant plus que pendant le cycle cultural du cotonnier, l'humidité des sols est bonne et que, dans ce cas, une faible capacité d'échange améliore l'alimentation des plantes (BLANCHET et Bosc, 1967). Aussi, les déficiences sont-elles apparues progressivement et les deux premières années elles se sont maintenues à un niveau acceptable (tableau 11). Par la suite, la baisse des rendements obtenus sur les parcelles ne recevant pas de potassium est devenue significative.

En analysant la teneur en potassium des cotonniers par le diagnostic foliaire, suivant la méthode de BRAUD (1968), nous constatons une évolution parallèle du potassium dans les cotonniers. Les plantes des parcelles ne recevant pas de potasse ont leur teneur en potassium qui baisse régulièrement, alors qu'elle varie peu dans les cotonniers recevant une fumure complète (tableau 12).

Tableau 11. — Rendements des parcelles — K, en % NPSK.

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou	96	92*	85**	84**	77**
Katiola	91	90	69**	62**	
Yamoussoukro	96	94	82**	58**	

* Significatif à $P = 0,05$.** Significatif à $P = 0,01$.

Tableau 12. — Teneur des pétioles en potassium, en % du poids de matière sèche.

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou					
NPSK	4,74	4,44	5,64	4,80	5,00
— K	3,67	2,76	2,52	2,08	1,48
Katiola					
NPSK	4,71	5,76	4,72	4,48	
— K	3,26	2,68	1,14	2,28	
Yamoussoukro					
NPSK	5,85	5,64	5,40	3,52	
— K	4,80	3,36	2,92	1,92	

Nous pouvons, à l'aide des données du diagnostic foliaire, calculer les rendements à partir de la fonction de production propre au potassium en Côte d'Ivoire (DEAT et BRAUD, 1974), qui s'écrit :

$$\text{Rendement } (-K) = 92,02 - \frac{90,88}{K} + 2,22 p + 1,61 F - \frac{1,57}{P} + \frac{2,03}{S}$$

avec p le poids d'un échantillon de 30 feuilles, F la position florale moyenne de cet échantillon et K, P et S les teneurs en potasse, phosphore et soufre.

La nutrition potassique se caractérise aussi par son indice Ik défini comme suit :

$$Ik = \frac{Ko}{Kc} \text{ où } Ko \text{ est la teneur en potassium observée et } Kc \text{ le niveau critique calculé à partir de la fonction de production en prenant : rendement } (-K) = 90,55 \text{ (limite de signification).}$$

La nutrition potassique est très bonne les deux premières années à Niakaramandougou et Yamoussoukro et la première année à Katiola. On constate même, parfois, une consommation de luxe ($Ik > 100$). Les déficiences apparaissent ensuite et augmentent avec le nombre d'années de culture, comme l'avait montré l'étude des rendements observés.

5. Evolution de la fertilité en l'absence d'apports en fumure

Dès la mise en culture, les rendements obtenus en l'absence de fumure étaient significativement inférieurs à ceux obtenus avec engrais (tableau 14). La déficience la moins grave se manifestait sur l'essai de Yamoussoukro qui présentait les meilleures caractéristiques à l'origine.

Cette déficience s'est aggravée au cours des années de culture et le diagnostic foliaire montre que les teneurs en azote, potassium et phosphore baissent aussi dans le végétal (tableau 15).

Tableau 13. — Evolution des rendements des parcelles —K, en % NPSK, et de l'indice de nutrition potassique Ik.

	Niakaramandougou			Katiola			Yamoussoukro		
	A	B	Ik	A	B	Ik	A	B	Ik
1 ^{re} année	96	—	—	91	101	138,1	96	97	136,4
2 ^e année	92	90	117,9	90	81	72,8	94	91	102,4
3 ^e année	85	73	52,0	69	54	42,4	82	84	77,5
4 ^e année	84	74	63,4	62	88	89,8	58	70	96,7
5 ^e année	77	51	35,5						

Tableau 14. — Rendements des parcelles sans engrais, en % NPSK.

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Niakaramandougou	50**	47**	37**	45**	43**
Katiola	47**	45**	41**	38**	
Yamoussoukro	84**	74**	68**	56**	

** Significatif à $p = 0,01$.

Tableau 15. — Teneur des limbes en azote et phosphore, et des pétioles en potassium, en % du poids de matière sèche.

	1 ^{re} année			2 ^e année			3 ^e année			4 ^e année			5 ^e année		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Niakaramandougou															
NPSK	4,54	0,39	4,74	—	0,30	4,44	4,04	0,38	5,64	3,70	0,31	4,80	3,96	0,44	5,00
Témoin	2,87	0,65	5,34	3,12	0,50	4,80	3,14	0,46	3,76	2,56	0,28	3,32	2,82	0,40	3,76
Katiola															
NPSK	—	0,26	4,71	4,43	0,34	5,76	4,22	0,32	4,72	4,41	0,32	4,48			
Témoin	2,98	0,20	3,96	3,57	0,22	4,72	3,45	0,21	2,40	2,66	0,16	2,56			
Yamoussoukro															
NPSK	—	0,18	5,85	5,14	0,32	5,64	4,91	0,27	5,40	4,06	0,26	3,52			
Témoin	4,38	0,16	5,32	4,31	0,20	4,24	4,63	0,20	4,00	4,16	0,13	2,64			

Les teneurs en potassium sont plus faibles que sur les parcelles privées uniquement de potasse. Les teneurs en phosphore et en azote sont du même ordre

de grandeur. En calculant les fonctions de production et les indices de nutrition on peut essayer de connaître l'élément le plus déficient (tableau 16).

Tableau 16. — Evolution des rendements des parcelles sans engrais, en % NPSK, des rendements estimés par les fonctions de production et des indices de nutrition.

	Rendt	F (— N)	In	F (— P)	F (— K)	Ik
1 ^{re} année						
Niakaramandougou	50	—	—	—	—	—
Katiola	47	65	57,7	69	88	82,4
Yamoussoukro	84	100	122,7	72	93	113,9
2 ^e année						
Niakaramandougou	47	54	50,3	82	88	50,9
Katiola	45	69	66,2	61	79	42,0
Yamoussoukro	74	94	97,7	72	90	97,7
3 ^e année						
Niakaramandougou	37	56	51,7	67	82	56,3
Katiola	41	78	65,2	58	69	42,4
Yamoussoukro	68	101	123,5	67	87	85,7
4 ^e année						
Niakaramandougou	45	68	57,9	77	84	74,3
Katiola	38	69	59,2	62	71	81,3
Yamoussoukro	56	84	87,3	46	70	40,1
5 ^e année						
Niakaramandougou	43	55	48,6	69	85	76,9

En savane, l'élément le plus déficient au départ est l'azote. Cette déficience s'estompe passagèrement, comme dans le cas de la carence simple en azote et sans doute pour la même raison. A Yamoussoukro, l'alimentation azotée, pléthorique les premières années ($In > 100$), n'est déficiente que la quatrième année de culture.

Le potassium est moins déficient que le phosphore. L'alimentation potassique est un peu faible dès la première année en savane pour devenir franchement déficiente par la suite. A Yamoussoukro, après avoir été très bonne et même pléthorique la première année ($Ik > 100$), elle faiblit la troisième année et est très déficiente la quatrième.

III. — CORRECTION DES DÉFICIENCES MINÉRALES

Après quatre ou cinq ans de culture continue, la baisse des rendements obtenus sur les parcelles qui recevaient ou une fumure déficiente ou pas de fumure du tout était suffisamment éloquente pour qu'il ne soit pas nécessaire de poursuivre cette expérimentation. C'est pourquoi la correction des carences a été entreprise à l'aide d'une fumure appliquée sur toutes les parcelles des essais.

Cette fumure, pour tenir compte des impératifs de la vulgarisation, était un moyen terme entre la forte fumure complète utilisée lors de la mise en évidence des carences minérales et la fumure de vulgarisation qui avait évolué depuis la mise en place des essais (tableau 17).

Nous avons pu appliquer cette fumure pendant deux ans à Yamoussoukro et trois ans à Niakaramandougou et Katiola.

1. Correction de la déficience en azote

a) Influence sur les rendements

Sur les trois essais, les parcelles ne recevant pas d'azote avaient donné des rendements significativement inférieurs à ceux obtenus sur les parcelles à fumure complète, l'année précédant la première application de la fumure de redressement. Le niveau de production obtenu représentait de 84 à 53 % de la production donnée par la fumure complète.

Dès la première année de correction les rendements se restaurent. On peut noter que ce phénomène se produit alors que les quantités d'azote apportées par la fumure sont souvent inférieures aux quantités exportées par la culture telle qu'elle est pratiquée dans ces essais, c'est-à-dire que les résidus aériens des cotonniers sont exportés. Dans ce cas, les exportations ont pu être chiffrées à 36 kg d'azote par tonne de coton-graine en Côte d'Ivoire (DÉAT, 1974).

En même temps que l'évolution des rendements,

Tableau 17. — Fumure utilisée lors de la correction des carences.

	Fumure de redressement kg/ha				Fumure vulgarisée kg/ha			
	N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O
Semis	31	12	50	60	28	24	28	28
Floraison	22	—	—	—	22	—	—	—

* Dans certains secteurs du Nord de la Côte-d'Ivoire.

Tableau 18. — Rendement des parcelles — N, en % NPSK et en kg/ha.

	Avant correction		Première correction		Deuxième correction		Troisième correction	
	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK
Niakaramandougou	726	62**	1 991	102	1 377	100	1 623	102
Katiola	1 184	53**	1 873	103	1 721	102	1 685	101
Yamoussoukro	1 364	84**	1 744	102	2 617	102		

** Significatif à $p = 0,01$.

on a pu suivre l'évolution des caractéristiques chimiques des sols. Pour cela, des prélèvements à deux niveaux (0-25 cm et 25-50 cm) ont été réalisés à raison de huit prises de sol pour 320 m². Le nombre de prélèvements a été suffisant pour que les résultats soient interprétables, l'erreur commise dans ces conditions étant plus petite que les écarts enregistrés dans les données analytiques.

En savane on constate que le stock d'azote s'accroît significativement (tableau 19). Si l'on admet comme valeur moyenne des exportations 36 kg d'azote par tonne de coton-graine, on note que, suivant les années, les rendements obtenus provoquent des exportations légèrement supérieures ou du même ordre de grandeur que l'apport d'azote de la fumure.

De plus, la minéralisation s'intensifie, comme le montre la baisse du rapport C/N, l'apport d'engrais favorisant ce processus (LÉFÈVRE et HIRoux, 1960).

A Yamoussoukro, le niveau de rendement élevé obtenu lors des corrections a provoqué une consommation abondante d'azote qui a été fournie à la fois par l'engrais et les réserves du sol. Cette consommation s'est manifestée par une baisse significative de

l'azote du sol qui reste cependant à un bon niveau (tableau 19).

b) Influence sur la nutrition en azote des cotonniers

Les teneurs en azote des cotonniers avaient suivi une évolution parallèle à celle des rendements en coton-graine, au cours des années de culture sans engrais azoté (tableau 6). Dès la mise en œuvre d'apports, ces teneurs augmentent (tableau 20) et tendent à rejoindre celles observées sur des parcelles ayant toujours reçu une fumure complète.

Si l'on étudie la nutrition azotée à l'aide de la fonction de production et de l'indice de nutrition propres à l'azote en Côte d'Ivoire (DÉAT et BRAUN, 1974), on constate que l'évaluation calculée des rendements s'approche le plus des rendements observés lorsque les teneurs en azote des feuilles sont voisines pour les parcelles — N et NPSK (tableau 21).

Quand le rendement calculé est supérieur à 100 et aussi assez nettement du rendement observé, l'indice de nutrition dépasse 100, ce qui indique une consommation de luxe qui n'apporte pas de gains réels de rendements.

Tableau 19. — Teneurs en C, N et matière organique des sols des parcelles — N.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	0-25 m	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Avant correction						
C ‰	6,20	5,70	7,10	6,50	20,50	19,50
N ‰	0,30	0,38	0,41	0,36	2,32	2,40
C/N	20,70	15,00	17,30	17,60	8,80	8,10
M.O. ‰	1,07	0,98	1,22	1,12	3,53	2,35
Après les corrections						
C ‰	7,20	7,70	5,40	4,80	20,00	17,40
N ‰	0,52	0,55	0,50	0,39	2,07	1,73
C/N	13,80	14,00	10,80	12,30	9,70	10,00
M.O. ‰	1,24	1,33	0,93	0,83	3,43	3,00

Erreur relative commise sur la mesure de l'azote : 6,6 %.

Tableau 20. — Teneur des feuilles des objets — N en azote, en % du poids sec des limbes.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	NPSK	— N	NPSK	— N	NPSK	— N
Avant correction	3,96	2,34	4,41	2,75	4,06	3,60
Première correction	5,22	4,70	5,62	5,44	4,64	4,43
Deuxième correction	5,00	5,10	5,30	5,12	4,96	4,92
Troisième correction	3,78	3,64	3,99	3,81		

Tableau 21. — *Evolution des rendements des parcelles — N, en % NPSK, et de l'indice de nutrition azotée In.*

	Niakaramandougou			Katiola			Yamoussoukro		
	A	B	In	A	B	In	A	B	In
Avant correction	62	52	38,5	53	60	46,4	84	82	70,0
Première correction	102	88	89,9	103	93	95,4	102	105	113,0
Deuxième correction	100	90	85,4	102	112	123,6	102	100	100,0
Troisième correction	102	105	98,2	101	103	102,7			

A : Rendements observés.

B : Rendements déterminés par la fonction de production.

Les premières années de redressement, les rendements calculés sont plus faibles que les rendements observés, en savane, ce qui laisse à penser que la nutrition azotée ne redevient satisfaisante que progressivement. Cela est confirmé par les valeurs de l'indice de nutrition.

A Yamoussoukro, le niveau de carence était faible et dès la première année de redressement, la nutrition azotée est correcte. On constate même une consommation de luxe qui disparaît l'année suivante pour faire place à une très bonne alimentation azotée des cotonniers.

c) Conclusion

Quel que soit le niveau de rendements atteint en situation de carence, l'apport d'une fumure azotée moyenne restaure les rendements dès la première année.

2. Correction de la déficience en phosphore

a) Influence sur les rendements

Avant l'application de la fumure de correction, les rendements des parcelles ne recevant pas de phos-

phore étaient significativement inférieurs aux rendements des parcelles recevant une fumure complète et variaient de 50 à 82 % des rendements obtenus sur ces dernières.

Dès la première application de la fumure comportant du phosphore sur les parcelles carencées, les rendements atteignent au moins 90 % de ceux des parcelles ayant toujours été fumées correctement (tableau 22), mais restent cependant significativement inférieurs dans deux cas sur trois.

Par la suite, les rendements continuent à croître et ne sont plus différents des rendements obtenus sur les parcelles ayant toujours reçu une fumure complète.

Cette correction est plus lente à obtenir que dans le cas de l'azote, bien que les quantités de phosphore apportées par l'engrais (21,8 kg/ha) soient supérieures aux exportations qui, en Côte d'Ivoire, sont de l'ordre de 4 kg par tonne de coton-graine (DÉAT, 1974).

A la suite des apports d'engrais, on note d'ailleurs un léger enrichissement du sol en phosphore total, à la limite de la signification (tableau 23), mais le phosphore assimilable disponible pour les cotonniers

Tableau 22. — *Rendements des parcelles — P, en kg/ha et en % NPSK.*

	Avant correction		Première correction		Deuxième correction		Troisième correction	
	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK
Niakaramandougou	952	82**	1 807	92	1 251	91*	1 461	92
Katiola	1 010	50**	1 662	91*	1 603	95	1 500	92
Yamoussoukro	1 073	66**	1 535	90**	2 489	97		

* Significatif à $p = 0,05$.** Significatif à $p = 0,01$.

Tableau 23. — Teneur en phosphore total et assimilable des sols des parcelles — P.

	Niakaramandagou		Katiola		Yamoussoukro	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
P ₂ O ₅ ass. Olsen ‰	0,06	0,06	0,02	0,02	0,05	0,06
Avant correction						
P ₂ O ₅ total ‰	0,32	0,39	0,19	0,19	0,39	0,44
P ₂ O ₅ ass. Olsen ‰	0,07	0,06	0,02	0,03	0,09	0,06
Après corrections						
P ₂ O ₅ total ‰	0,42	0,41	0,21	0,22	0,46	0,46
Erreurs relatives	P ass. : 12,3 %			P tot. : 6,7 %		

ne varie pas en savane. Cela est dû aux faibles taux de matière organique de ces sols ainsi qu'à la minéralogie de leurs argiles, la kaolinite ayant un faible pouvoir d'absorption (BLANCHET, 1960) et la « fire-clay » ayant un comportement similaire. A Yamoussoukro, en revanche, la bonne teneur en matière organique permet un enrichissement significatif en phosphore assimilable, en surface.

La majeure partie du phosphore apporté par l'engrais, et qui n'est pas consommée, est donc rétrogradée. Ce phosphore n'est pas définitivement perdu, comme on pourrait l'admettre, puisque DABEN (1971) a montré que cette rétrogradation est sensible à court terme, mais que les réserves ainsi constituées sont néanmoins réutilisables à long terme.

b) Influence sur la nutrition en phosphore des cotonniers

Les teneurs en phosphore des cotonniers ne recevant pas de fumure phosphatée avaient diminué au cours des années de culture en situation de carence (tableau 9).

Dès le premier apport de fumure comportant du phosphore, elles augmentent (tableau 24) et tendent à rejoindre les teneurs observées sur les plantes ayant toujours reçu une fumure complète.

En évoluant les rendements à l'aide de la fonction

de production propre au phosphore en Côte d'Ivoire (DÉAT et BRAUD, 1974), on constate qu'ils sont plus faibles que les rendements observés (tableau 25), et ce, bien que les teneurs en phosphore des cotonniers paraissent correctes si l'on se réfère au seuil généralement admis de 0,30 ‰ de phosphore comme indice d'une nutrition satisfaisante (BOUCHY, 1970). Cette différence entre rendements peut être le signe d'une nutrition phosphorée difficile, compte tenu des faibles taux de phosphore assimilable des sols.

c) Conclusion

La correction de la déficience phosphorée s'est effectuée progressivement à la suite d'apports successifs de fumure comportant du phosphore. Elle a été effective après deux ans et est plus lente à obtenir que la correction de la déficience azotée. Elle est cependant réalisable avec des doses raisonnables de phosphore (50 kg/ha P₂O₅). Cela rejoint les résultats obtenus sur maïs en Côte d'Ivoire (LE BUNEC, 1973).

3. Correction de la déficience en potassium

a) Influence sur les rendements

L'année précédant la première correction, les rendements obtenus avec la fumure privée de potasse étaient significativement inférieurs à ceux que

Tableau 24. — Teneur des feuilles des objets — P et NPSK en phosphore, en ‰ du poids sec des limbes.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	NPSK	— P	NPSK	— P	NPSK	— P
Avant correction	0,44	0,24	0,32	0,16	0,26	0,16
Première correction	0,48	0,44	0,44	0,36	0,32	0,28
Deuxième correction	0,40	0,36	0,30	0,32	0,30	0,32
Troisième correction	0,29	0,28	0,30	0,30		

Tableau 25. — Evolution des rendements des parcelles — P, en % NPSK.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	A	B	A	B	A	B
Avant correction	82	68	50	59	66	58
Première correction	92	81	91	76	90	88
Deuxième correction	91	74	95	82	97	81
Troisième correction	92	80	92	74		

A : Rendements observés.

B : Rendements déterminés par la fonction de production.

procurait la fumure complète. Dès la première correction, les rendements ont augmenté dans des proportions variables mais encore insuffisantes, sauf à Niakaramandougou (tableau 26).

La deuxième année de correction la carence continue à diminuer, mais elle n'est corrigée que la troisième année. Il semble y avoir des difficultés à

atteindre un niveau de rendement comparable à celui obtenu avec une fumure qui a toujours été complète.

Cela est sans doute dû au fait que l'apport de potassium (36 kg/ha K) est inférieur aux exportations de la culture qui sont estimées à 42 kg par tonne de coton-graine en Côte d'Ivoire (DÉAT, 1974). Il est cependant difficile d'apporter de fortes quantités de

Tableau 26. — Rendements des parcelles — K, en kg/ha et en % NPSK.

	Avant correction		Première correction		Deuxième correction		Troisième correction	
	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK
Niakaramandougou	890	77**	1 778	91	1 265	92*	1 550	97
Katiola	1 248	62**	1 491	82**	1 459	86**	1 415	93
Yamoussoukro	934	58**	1 278	75**	2 252	88*		

* Significatif à $p = 0,05$.** Significatif à $p = 0,01$.

Tableau 27. — Teneur en potassium total* et échangeable des sols des parcelles — K.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
K total ‰	2,46	2,26	1,66	2,12	2,00	2,34
Avant correction						
K éch. méq/100 g	0,11	0,10	0,10	0,08	0,25	0,20
K total ‰	2,02	1,94	1,58	2,08	2,20	2,08
Après les corrections						
K éch. méq/100 g	0,18	0,16	0,16	0,13	0,20	0,19
Erreurs relatives	K total : 23,3 %			K éch. : 33,3 %		

* Le potassium total a été dosé par attaque fluoroper-chlorique, ce qui donne des valeurs plus élevées que l'attaque triacide employée pour les données du tableau 2.

potassium, car les sols de ces essais sont des sols ferrallitiques où domine la kaolinite ou la « fire-clay » qui a un comportement voisin. Or, la kaolinite est un minéral argileux de pouvoir de fixation très faible, de l'ordre de 5 à 10 méq/100 g (RICHARD et MACLEAN, 1963; ACQUAY et al., 1967; TORSTENSSON, 1963) et dans ces types de sol, une fraction faible du potassium peut rétrograder (ACQUAY et al., 1967). De plus, en savane, les faibles taux de matière organique ne favorisent pas la rétention du potassium par les sols. Dans ces conditions, le potassium apporté en quantité importante ne serait pas utilisé correctement par les cotonniers mais entraîné hors de portée de leurs systèmes racinaires.

La répartition du potassium dans un sol est très hétérogène. Il en résulte que les analyses des prélèvements de terre effectués sur les essais sont sujettes à une erreur importante qui tient au nombre restreint de prises d'échantillons. Néanmoins, après les corrections, en savane, le complexe absorbant des sols possède un stock de potassium échangeable significativement supérieur à celui qui existait en situation de carence (tableau 27). A Yamoussoukro, on ne note aucune différence significative mais une perte arithmétique qui est sans doute à mettre en relation avec une diminution de la matière organique. Malgré cet enrichissement en potassium échangeable en savane, l'alimentation potassique des cotonniers ne peut se faire qu'au détriment du potassium total qui, d'ailleurs, diminue. Cette diminution n'est pas significative, compte tenu de l'erreur commise.

b) Influence sur la nutrition en potassium des cotonniers

Le potassium contenu dans les cotonniers, évalué par le diagnostic foliaire suivant la méthode de BRAUD (1968) était à un niveau beaucoup plus faible dans les cotonniers ne recevant pas de fumure potassique que dans les cotonniers ayant une alimentation normale. Dès le premier apport de fumure corrective, les teneurs s'élèvent dans les plantes n'ayant pas reçu précédemment de fumure potassique (tableau 28) et tendent par la suite à rejoindre les teneurs observées dans les cotonniers ayant toujours eu une alimentation normale.

Ces teneurs sont élevées les deux premières années et reflètent une alimentation facile. La troisième année de correction, le déficit hydrique important n'a pas dû faciliter l'absorption du potassium par les plantes, ce qui explique la faiblesse des teneurs observées.

Si nous étudions l'évaluation des rendements calculée à partir de la fonction de production propre au potassium en Côte d'Ivoire (DEAT et BRAUD, 1974), nous constatons que les rendements estimés sont supérieurs aux rendements observés (tableau 29). Si, en outre, nous suivons l'évolution des indices de nutrition potassique Ik , nous voyons que la nutrition potassique est déficiente avant les corrections et très faible lors des apports d'engrais potassiques puisqu'on entre même dans le domaine des consommations de luxe ($Ik > 100$). Cependant, les rendements réels ne reflètent pas exactement cette situation. Cela provient ou des apports un peu faibles des autres éléments nutritifs qui limitent la pleine expression des rendements, ou du mode de calcul lui-même qui n'explique que 72,7 % des variations de rendements constatées.

c) Conclusion

Les fumures correctives ne corrigent pas immédiatement les carences en potassium provoquées dans les essais. Il faut attendre trois ans pour que le niveau de rendement des parcelles ayant eu une fumure privée de potasse ne soient plus différents de ceux des parcelles ayant toujours reçu une fumure complète.

4. Correction de la déficience provoquée par l'absence de fumure

a) Influence sur les rendements

Les rendements obtenus avant correction étaient très faibles et surtout plus faibles que ceux obtenus avec une carence en un élément. Il faut attendre le deuxième apport d'engrais pour voir les rendements arriver à un niveau correct.

Dans ce cas comme dans les précédents, seuls les apports de phosphore étaient supérieurs aux export-

Tableau 28. — Teneur des feuilles des objets NPSK et — K en potassium, en % du poids sec des pétioles.

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	NPSK	— K	NPSK	— K	NPSK	— K
Avant correction	5,00	1,48	4,48	1,69	3,52	1,92
Première correction	6,56	5,24	6,56	5,76	4,44	3,32
Deuxième correction	7,88	6,60	4,80	4,16	5,64	4,52
Troisième correction	3,04	2,75	3,42	3,00		

Tableau 29. — Evolution des rendements des parcelles — K, en % NPSK, et de l'indice de nutrition potassique Ik.

	Niakaramandougou			Katiola			Yamoussoukro		
	A	B	Ik	A	B	Ik	A	B	Ik
Avant correction	77	51	35,5	62	88	89,8	58	70	96,7
Première correction	91	97	137,5	82	96	136,5	75	98	126,7
Deuxième correction	92	94	125,5	86	102	110,2	88	96	125,5
Troisième correction	97	91	102,8	93	92	103,8			

Tableau 30. — Rendements des parcelles sans fumure, en kg/ha et en % NPSK.

	Avant correction		Première correction		Deuxième correction		Troisième correction	
	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK	kg/ha	% NPSK
Niakaramandougou	505	43 **	1 615	82 **	1 320	96	1 417	91
Katiola	775	38 **	1 562 **	86 **	1 662	98	1 592	96
Yamoussoukro	934	56 **	1 509	88 **	2 393	93		

tations de la culture. Il faut noter que les sols de ces parcelles ont subi une dégradation différente en intensité de celle des sols des parcelles qui n'étaient privées que d'un élément nutritif.

En général, les teneurs en éléments nutritifs sont supérieures à celles enregistrées sur les différentes parcelles carencées en un élément (tableau 31). Cela résulte sans doute de l'absence de déséquilibre grave dans la nutrition des cotonniers dont la baisse rapide des rendements a, en outre, moins altéré les réserves nutritives des sols. Quant à l'évolution des teneurs en éléments nutritifs des sols, lors de l'application des corrections, si elle est semblable pour l'azote à celle décrite pour les parcelles — N, elle diffère légèrement pour les autres éléments. Pour le phosphore assimilable, on note un accroissement significatif pour les trois essais, sauf à Niakaramandougou en surface. Le phosphore total s'accroît lui aussi significativement en savane, alors qu'à Yamoussoukro il ne varie pas, mais les teneurs observées sont semblables à celles obtenues après correction sur les parcelles — P. Le potassium échangeable croît à Katiola, ne varie pas à Niakaramandougou et baisse à Yamoussoukro, sans doute là aussi à cause de la perte de matière organique. Le potassium total décroît significativement en savane et ne varie pas à Yamoussoukro.

b) Influence sur la nutrition des cotonniers

Les cotonniers avaient des teneurs en éléments mi-

néraux beaucoup plus faibles dans les parcelles sans engrais que dans les parcelles à fumure complète. Dès la première application de la fumure corrective, l'azote, le phosphore et le potassium augmentent dans les plantes des parcelles primitivement sans engrais et tendent, par la suite, à rejoindre les teneurs observées dans les parcelles ayant toujours été fumées (tableau 32).

On peut tenter de savoir quel est l'élément le plus difficile à corriger dans ce cas en étudiant les fonctions de production et les indices de nutrition correspondants (tableau 33). En ce qui concerne l'azote, on note que dès la première année de correction, la nutrition redevient correcte et même pléthorique et est meilleure que celle des parcelles — N.

Pour le phosphore, les rendements estimés à l'aide de la fonction de production sont comparables à ceux calculés pour les parcelles — P, ce qui indique que la nutrition phosphorée se rétablit progressivement dès la deuxième année.

Enfin, l'indice de nutrition du potassium est beaucoup plus fort dès la première année de correction que pour les cotonniers des parcelles — K. La carence était donc moins grave, et cela explique que dès la deuxième correction il n'y ait plus de différence significative entre les rendements des parcelles primitivement sans engrais et des parcelles toujours fumées.

Tableau 31. — *Teneurs en carbone, azote, matière organique, phosphore total et assimilable, potassium total et échangeable des sols des parcelles sans fumure.*

	Niakaramandougou		Katiola		Yamoussoukro	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Avant correction						
C ‰	5,90	5,20	6,80	6,80	19,80	16,40
N ‰	0,57	0,52	0,62	0,54	1,80	1,35
C/N	10,3	10,0	11,0	12,6	11,0	12,1
M.O. ‰	1,02	0,96	1,17	1,17	3,71	2,82
P ₂ O ₅ total ‰	0,15	0,19	0,36	0,23	0,45	0,44
P ₂ O ₅ ass. Olsen ‰	0,09	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05
K total ‰	2,04	2,12	2,84	2,38	2,44	2,68
K éch. méq/100 g	0,16	0,11	0,17	0,13	0,31	0,27
Après les corrections						
C ‰	5,90	4,30	8,30	8,70	18,40	13,50
N ‰	0,69	0,63	0,76	0,74	1,28	1,03
C/N	8,5	6,8	10,9	11,7	14,4	13,1
M.O. ‰	1,01	0,74	1,43	1,50	3,17	2,33
P ₂ O ₅ total ‰	0,22	0,21	0,45	0,46	0,46	0,43
P ₂ O ₅ ass. Olsen ‰	0,07	0,09	0,08	0,06	0,09	0,06
K total ‰	1,83	2,02	2,28	2,60	2,50	2,64
K éch. méq/100 g	0,23	0,12	0,29	0,23	0,18	0,17
Erreur relative	N : 6,6 ‰ ; P total : 6,7 ‰ ; P ass. : 12,3 ‰ ; K total : 23,3 ‰ ; K éch. : 33,3 ‰					

c) Conclusion

Les parcelles sans engrais avaient avant correction le niveau de rendement le plus faible des essais. Mais cette baisse s'était effectuée sans déséquilibre

nutritionnel et en étudiant chaque élément, la valeur nutritive des sols était supérieure à celle des parcelles carencées. En apportant une fumure raisonnable les rendements redeviennent satisfaisants au bout de deux ans.

Tableau 32. — *Teneurs des feuilles des objets NPSK et sans engrais en azote et phosphore, en ‰ du poids sec des limbes, et en potassium, en ‰ du poids sec des pétioles.*

	Niakaramandougou			Katiola			Yamoussoukro		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Avant correction									
NPSK	3,96	0,44	5,00	4,41	0,32	4,48	4,06	0,26	3,52
Sans engrais	2,82	0,40	3,76	2,66	0,16	2,56	4,16	0,18	2,64
Première correction									
NPSK	5,22	0,48	6,56	5,62	0,44	6,56	4,64	0,32	4,44
Sans engrais	4,90	0,52	6,28	5,52	0,46	5,88	4,66	0,28	3,92
Deuxième correction									
NPSK	5,00	0,40	7,88	5,30	0,30	4,80	4,96	0,30	5,64
Sans engrais	5,44	0,36	7,28	5,20	0,28	3,44	4,76	0,49	5,28
Troisième correction									
NPSK	3,78	0,29	3,04	3,99	0,30	3,42			
Sans engrais	3,29	0,31	2,94	4,02	0,29	3,12			

Tableau 33. — Evolution des rendements des parcelles sans engrais, en % NPSK, des rendements estimés par les fonctions de production et des indices de nutrition.

	Rendt	F (— N)	In	F (— P)	F (— K)	Ik
Avant correction						
Niakaramandougou	43	55	48,6	69	85	76,9
Katiola	38	69	59,2	62	71	81,3
Yamoussoukro	56	84	87,8	46	70	40,1
Première correction						
Niakaramandougou	82	86	93,3	85	99	158,2
Katiola	86	94	106,2	82	97	142,4
Yamoussoukro	88	83	154,4	90	101	147,3
Deuxième correction						
Niakaramandougou	96	93	98,4	74	94	129,3
Katiola	98	112	152,9	82	93	124,2
Yamoussoukro	93	91	100,2	91	102	168,1
Troisième correction						
Niakaramandougou	91	91	99,4	92	91	102,1
Katiola	96	104	140,0	87	95	116,0

IV. — CONCLUSION

En culture cotonnière, en Côte d'Ivoire, une fumure incomplète ou absente provoque des baisses de rendements significatives après une durée variant de 1 à 3 ans, suivant l'élément nutritif et la zone considérés. Il a été, toutefois, toujours possible de restaurer les rendements par des apports minéraux modérés. La fumure corrective employée dans cette étude apportait 55 kg/ha d'azote, 50 kg/ha d'anhydride phosphorique et 60 kg/ha de potasse. La restauration s'est faite plus ou moins facilement suivant l'élément considéré : immédiatement pour l'azote, plus lentement, deux ou trois ans, pour le phosphore et surtout le potassium. L'absence de fumure n'a pas été plus délicate à corriger.

Ces résultats sont très intéressants, car la nature

physique des sols ivoiriens à vocation cotonnière ainsi que leur faible taux de matière organique en savane excluent des apports massifs d'engrais qui seraient en grande partie perdus pour la culture.

Cependant, les doses d'engrais apportées ne couvriraient pas les exportations de la culture pour deux éléments sur trois (azote et potassium) et on a constaté un appauvrissement des sols en potassium au cours de la phase corrective dans les trois essais et dans un essai sur trois pour l'azote, tandis que les teneurs en phosphore augmentaient. Il serait donc souhaitable d'apporter une fumure couvrant les exportations de la culture pour éviter une baisse progressive de la fertilité des sols.

BIBLIOGRAPHIE

- ACQUAY D.K., A.J. MAC LEAN et H.M. RICE. 1967. — Potential capacity of potassium in some representative soils of Ghana. *Soil Sci*, 103, 2, p. 79-89.
- AUBREVILLE A., 1949. — Climat, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. *Soc. des Edit. Géog., Mar. et colon.* Paris, 351 p.
- BLANCHET R., 1960. — Adsorption et dilution isotopique des ions phosphoriques au contact des hydroxydes métalliques et des argiles. *Ann. agron.*, 11, 1, p. 55-74.
- BLANCHET R. et M. BOSC, 1967. — Bilan de potassium et alimentation potassique des plantes en présence de rétrogradation et de libération d'ions K⁺ non échangeables. *Ann. agron.*, 18, 6, p. 601-621.
- BOUCHY C., 1968. — Contribution à l'étude des déficiences minérales en culture cotonnière de Côte-d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, 4, p. 423-436.
- BOUCHY C., 1970. — Contribution à l'étude des déficiences minérales du sol en culture cotonnière de Côte-d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, 25, 2, p. 235-251.
- BRAUD M., 1968. — Etude de l'échantillonnage des prélèvements foliaires pour le contrôle des nutriments azotés et potassiques du cotonnier. 2^e colloque européen et méditerranéen sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées.
- BRAUD M., 1972. — Le contrôle de la nutrition minérale du cotonnier par analyses foliaires. 3^e colloque européen et méditerranéen sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées.
- DABIN B., 1971. — Evolution des engrais phosphatés dans un essai de longue durée. *Phosph. et Agric.*, 53, 1-14.
- DEAT M., 1974. — Rapport de la section d'agronomie, 1973-1974. IRCT Bouaké, non publié.

- DEAT M. et M. BRAUD, 1974. — Le contrôle de la nutrition minérale du cotonnier par analyses foliaires en Côte-d'Ivoire. Document IRCT.
- GUILLAUMET J.L. et E. ADJANOHOOUN, 1969. — Carte de la végétation de Côte-d'Ivoire au 1/500 000°. ORSTOM.
- LATHAM M., 1969. — Contribution à l'étude de l'influence du facteur sol sur le développement du cotonnier en Côte-d'Ivoire. ORSTOM, 68 p.
- LE BUANEC B., 1973. — Contribution à l'étude de la carence en phosphore des sols sur granite en Côte-d'Ivoire. Diagnostic et correction. Thèse. Université d'Abidjan, 130 p.
- PINTA M., 1973. — Analyses minéralogiques des terres des essais soustractifs de Niakaramandougou, Katiola et Yamoussoukro. ORSTOM-SSC, juin. Communication personnelle.
- RICHARD G.M. et E.O. MAC LEAN, 1963. — Potassium fixation and release by clay minerals and soils clays on wetting and drying. *Soil Sci.* 95, 5, p. 308-314.
- ROUGERIE G., 1960. — Le façonnement actuel des modelés en Côte-d'Ivoire forestière. *Mémoire IFAN* 53, 342 p.
- TORSTENSSON G., 1963. — Le potassium dans les sols suédois; résultat des recherches des six dernières années. *Rev. Potasse* 16, août.

SUMMARY

Deficiencies of the major elements were caused in trials, using the subtractive method. These deficiencies were corrected in three trials selected in each of the areas into which the cotton growing region in Ivory Coast is divided.

Correction was always possible with a reasonable amount of fertilizer, providing 55 kg/ha of nitrogen, 50 kg/ha of phosphoric anhydride and 60 kg/ha of potash. The time required was lesser or greater,

depending on the element concerned — immediate for nitrogen, and 2 to 3 years for phosphorus and potassium. The lack of fertilizer did not prove difficult to correct since two years are enough for this purpose. These results are important since the nature of the soils, as well as the smallness of the amount of organic matter present, do not make it possible to apply fertilizer in massive doses, which would largely be lost to the crop.

RESUMEN

Se han provocado carencias minerales de elementos primordiales en ensayos realizados según el método substractivo. La corrección de esas carencias se ha realizado en tres ensayos elegidos en cada una de las zonas que dividen el área algodonera de la Costa del Marfil.

Con una estercoladura razonable que aporte 55 kg/ha de nitrógeno, 50 kg/ha de anhídrido fosfórico y 60 kg/ha de potasa, la corrección ha sido siempre

posible. Se tarda más o menos tiempo en obtenerla según el elemento considerado, es inmediata para el nitrógeno, y exige dos o tres años para el fósforo y el potasio. La ausencia de estercoladura no se ha revelado más difícil de corregir puesto que dos años han bastado para ello. Estos resultados son interesantes pues la naturaleza física de los suelos así como su poca materia orgánica en la llanura, no permiten el aporte de una estercoladura masiva que sería perdida en gran parte para los cultivos.